



ESPACIO LÚDICO

HISTORIAS MATEMÁTICAS

¿POR QUÉ SE EQUIVOCAN TANTO QUIENES PREDICEN EL CLIMA?

En verano, las personas se preguntan con cara sorprendida ¿por qué se equivocan tanto los profesionales que intentan predecir el estado del tiempo? Tal parece que los meteorólogos no pusieran interés en su trabajo.

El problema es que todos los días se trata con el tiempo. La gente lee en los periódicos que están calculados todos los eclipses posibles en varios miles de años, que están calculadas todas las trayectorias de numerosos cuerpos celestes con una precisión muy alta, etc. Entonces, ¿cómo es posible que no puedan calcular si va a llover mañana o no?

Las ecuaciones que rigen el tiempo en cualquier parte del mundo están perfectamente calculadas: son ecuaciones con variables tales como temperatura, presión atmosférica, humedad relativa del aire, velocidad del viento, etc. Todas estas variables se funden en un conjunto de ecuaciones más o menos complejas y que con poderosas computadoras es factible resolver. Pero sigue habiendo un margen alto de errores en predicciones meteorológicas que vayan más allá de unos pocos días. ¿Cuál es la razón?

La razón es que las ecuaciones que rigen el tiempo forman un sistema caótico. Un sistema de ecuaciones es caótico cuando una pequeña variación en las condiciones iniciales, produce un resultado totalmente diferente en la solución del problema. Para calcular el tiempo que hará mañana, se necesita, evidentemente, saber cómo está el tiempo el día de hoy. La temperatura en este instante será un valor inicial que habrá que introducir en las ecuaciones para saber el tiempo que hará mañana.

Véase esto muy bien con un ejemplo muy sencillo:

Suponiendo que se tiene el sistema de ecuaciones lineales en dos variables:

$$\left. \begin{aligned} 5x + 7y &= 0.7 \\ 7x + 10y &= 1 \end{aligned} \right\}$$

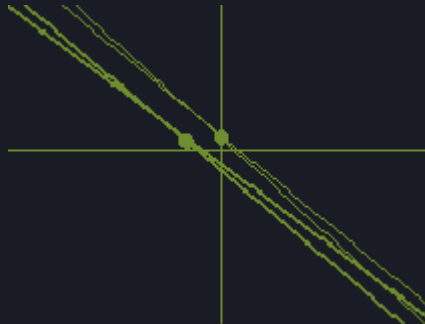
Si se resuelve este sistema de ecuaciones lineales, se obtienen las soluciones $x = 0$, $y = 0.1$.

Si se procede a perturbar un poco el sistema, es decir, se pone un sistema de ecuaciones que varíe muy poco respecto al anterior. El sistema es:

$$\left. \begin{aligned} 5x + 7y &= 0.69 \\ 7x + 10y &= 1.01 \end{aligned} \right\}$$

Nótese como sólo se ha variado en 0.01 la suma de las dos ecuaciones con respecto a las ecuaciones originales. Es de esperar que una variación tan pequeña en las ecuaciones haría que la diferencia entre las soluciones sea también pequeña. Sin embargo, si se resuelve este último sistema de ecuaciones, se encuentra que las soluciones son: $x = -0.17$, $y = 0.22$.

Estos resultados difieren bastante más que la perturbación que se ha causado. Esto sucede así porque el sistema no es estable o está mal condicionado. Analizando la siguiente gráfica se concluye fácilmente por qué sucede esto:



Se han exagerado las proporciones para apreciar mejor los detalles. Las rectas más finas corresponden al primer sistema de ecuaciones, y las más gruesas al segundo. Señalados con un punto negro están las soluciones de ambos sistemas.

La diferencia tan grande entre las soluciones ocurre porque las pendientes de las gráficas son muy parecidas, por tanto, cualquier mínima variación en las dos rectas hace que varíe mucho el punto de intersección.

Cuando se resuelven las ecuaciones que rigen el tiempo, ocurre algo parecido, una mínima variación en los datos iniciales hace que varíe mucho el resultado. Se podría pensar que esto se solucionaría siendo más precisos en la toma de los datos iniciales: por ejemplo, midiendo la temperatura con una gran precisión: el problema es que nunca se mide la temperatura con una precisión absoluta: se usan aparatos tales como termómetros, etc., y siempre se incurre en un margen de error. Este margen de error puede ser suficiente para obtener un resultado diametralmente opuesto.

Esta peculiaridad de los sistemas caóticos se conoce como "el efecto mariposa", ya que se afirma que el aleteo de una mariposa en Hong-Kong (es decir, una perturbación muy pequeña) puede hacer que esta tarde llueva en Londres.